

黄海西部海洋工程风、浪设计参数的分析和计算

阎俊岳 黄爱芬
(国家气象局国家气象中心)

提 要

使用黄海西部站点观测、船舶记录及海洋调查资料,建立计算海面风速的转换关系式。综合转换风速、台风报告或台风风场计算风速,分七个区块建立年最大风速序列,藉助极值 I 型概率分布,推导了各区不同重现期的大风极值。开发使用美国 SOWM 波浪谱模式产品,推导了二个格点上不同重现期的波高极值,该值与近海波浪计算值一起组成合理的极端波高分布。

一、前 言

近年来黄海西部石油勘探蓬勃开展,大量的海上活动、海洋工程建设需要提供可靠的气象保障和设计气象参数;其中最重要的是确定海上极端风速和极端波高。过去作者等曾进行过青岛、连云港外海大风和波浪的计算^{[1][2][3]},但其结果仅仅适用于近海工程设计。本文使用船舶纪录、海洋调查、岛屿观测,分七个区块(图1)求出计算海面风速的转换关系式。综合分析转换资料和台风报告,建立了各区1959—1985年的年最大风速序列,计算了大风设计参数。同时使用美国 SOWM (Spectral Ocean Wave Model) 波浪谱模式^[4]计算资料,推导了波浪设计参数。这些参数可广泛用于海洋工程设计以及航运、渔业生产规划。

二、极端波高和风速产生的气候条件

本区出现最强风速和波高的天气过程有

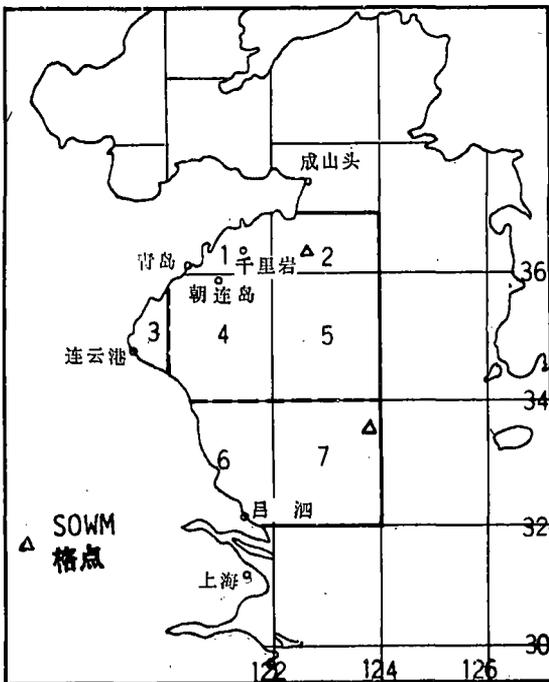


图1 黄海西部分区图

本文1989年9月28日收到,1990年2月21日收到修改稿。

热带气旋、冷空气、温带气旋等。热带气旋往往造成黄海的最大风速,因而形成的波浪也最强。冷空气大风风力稍弱,但持续时间较长,同样也能形成猛烈的波浪。气旋大风持续时间较短,造成的波浪一般稍弱。

1. 热带气旋大风

1884—1985百余年中,中心移过黄海的热带气旋(包括热带低压、热带风暴、台风、变性的温带气旋)共144个,平均每年1.4个,除少数年份未出现外,年出现频数变化于1—3之间,最多的年份出现5个。热带气旋到达黄海的时间主要在7—9月,其中7月中旬至9月中旬出现频数占总数的86%。

移经黄海的热带气旋按其路径特点可分为四种类型。各种类型造成的风浪特点如下:

(1) 登陆出海型 由我国福建、浙江、上海等地登陆后转向东北进入黄海,入海地点在上海至连云港之间,这类台风约占黄海台风总数的五分之二,进入黄海前后,海上出现较强的NE、E、或SE风,并伴有NE、E或SE向波浪。

(2) 北上型 热带气旋中心由东海移向西北正面袭击山东半岛或辽东半岛,约占移入黄渤海台风总数的十分之一。移入的时间均在7—8月。由于它纵穿黄海,而且强度少变,往往造成较强的大风和波浪,给整个海域造成较大的灾害。

(3) 转向型 热带气旋中心由东海进入黄海后在黄海南部转向东北。这类台风以8—9月出现最多,大风一般偏E或NE向,风力可达8—10级。8114号台风就代表这种类型。

(4) 西行型 少数台风由东海北部西行入黄海,极少数越过朝鲜半岛西行入黄海也属这一类型。这类台风风向和浪向偏N和NE。1970年6月15—16日台风进入黄海,大部海面受到10—11级大风袭击。

根据1949—1985年热带气旋资料统计(表1),在黄海南部仍达台风强度的有11个,热带风暴41个,合计占移入总数的74%。其它(18个)已经减弱为热带低压。达到热带风暴强度的,部分已演变为温带气旋。台风和热带风暴主要出现在7、8月及9月上旬。

表1 热带气旋出现频数(1949—1985)

月 \ 强度	5	6	7	8	9	10	11
台风			4	6	1		
热带风暴	1	1	11	18	10		
热带低压			6	5	5	1	1

将移入黄海达到热带风暴强度的中心最大风速按 $2' \times 2'$ 网格进行平均,得到各海区台风中心平均最大风速(图略),可以得知平均风速由东南向西北减少,南部为27—30m/s,中部为24—26m/s。山东半岛周围由于地形效应,平均风速有所增大达30m/s。台风中心最大风速极值海区内为25—40m/s,36°N以北为25—30m/s,以南为35—40m/s。

2. 冷空气大风

每年10月至次年5月,北极地区寒冷的空气向南爆发,大陆高压的前锋移到上述海区,

海面上便出现大风天气。一次大风过程约持续2—3天,最长达10余天,风力一般8—9级,强者10—11级。通过海区的冷高压11—2月平均每月3—4次,3—5月平均4—5次,其余月份出现较少(见表2)。

表2 各月平均冷高压频数(1961—1980年)

海 区	月											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北 部	2.5	2.2	3.7	4.0	2.7	2.9	1.5	0.7	2.7	2.1	2.4	1.5
南 部	3.6	3.8	5.2	4.1	4.9	3.6	0.9	0.4	2.2	2.4	3.6	3.6

侵入黄海的冷空气路径有三条:北路、西北路、西路。北路冷空气大风多为东北风,风力8—10级,最大10—11级;西北路冷空气以北向大风居多,有时也吹东北风,与黄河气旋相遇时多西北风,风力一般7—8级,有时也达10—11级;西路冷空气大风方向多偏西北,风力6—7级,最大10级。

三、大风计算模式及结果

1. 最大风速及其数理统计

设计上要求一定概率下的最大风速即一定重现期的年大风极值。所谓重现期指大于某数值的风速平均多少年可能遇到一次。重现期一般选为5、10、20、30、50、100年,风速时段一般取最大风速(10分钟平均)、极大风速(3秒钟平均)或1分钟平均最大风速。由于最大风速可以从自记录中挑选,所以计算时先算出不同重现期的最大风速,通过转换关系转为后二种风速值。

本文选用极值 I 型(龚贝尔)分布函数拟合年最大风速分布。该方法已被美国能源协会、原子能协会、国际原子能中心等组织及我国《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)推荐为计算重现期大风的最佳分布。极值 I 型分布函数是

$$F(x) = \exp[-e^{-\alpha(x-\mu)}] \quad (-\infty < x < \infty)$$

式中 α 、 μ 为待定参数,通过它们与矩的关系可以求出:

$$\alpha = \frac{1.2826}{\sigma}$$

$$\mu = M_x - 0.5772 \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma$$

σ 为 X 的总体标准差, M_x 为 X 的总体平均值。 α 和 μ 两个参数采用最小二乘法求得。

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}$$

$$\mu = \bar{x} - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \bar{y}$$

将 α 、 μ 代入下式,

$$X_p = \mu - \alpha \ln[-\ln(1 - P)]$$

P 为超过 X_p 的保证率,即可求出多年一遇的最大风速 X_p 。

2. 年大风序列的建立

根据统计模式要求,首先要建立年大风风速序列。由于黄海大部分观测站的自记10分钟平均最大风速从1971年左右开始,故选取1971—1985年15年资料为基本序列,又由于从1959年开始大部份台站有四次定时观测,故将1959—1985年27年的大风序列称为延长序列。建立大风序列的方法是:

(1)对代表性比较好的岛屿站测站,经检查其年最大风速观测值可以代表周围海区,因而综合海区的热带气旋资料及寒潮大风资料选取最大风速值。

(2)对于与岛屿站相近的区域,利用海上船舶观测资料与岛屿站的资料建立订正关系式,综合热带气旋资料、寒潮大风资料及转换资料选取风速值。

(3)对距岛屿站较远,气象要素相关性较弱的海区,其风速通过分析热带气旋气压场、寒潮大风气压场,计算梯度风和地转风。通过与实测风的转换关系,转换为海面风速,再综合实测资料选取风速值。

表3列出了不同观测站点和时距之间的风速转换关系。除了6区由吕泗海洋站代表海面风速外,其余各区分别建立了岛屿站与海面风速、或者时距之间的风速转换关系式。在一般情况下,使用这些关系式都获得了比较理想的计算结果。但也有个别台风过程(约2%)的转换结果不完全符合台风风场分布。为了弥补这一缺陷,本文还使用了梯度风公式直接计算台风风区中最大风速等方法(见第四节),纠正不合理的风速值,从而得到了更为合理的年大风序列。

表3 风速转换关系式

区号	名称	关系式	相关系数	条件
1	朝连岛一千里岩风速	$y = 6.80 + 0.70x$	$r = 0.71$	$x \geq 20\text{m/s}$
2	成山头—海面风速	$y = 7.18e^{0.05x}$	$r = 0.65$	$x > 10\text{m/s}$
	成山头四次定时—自记10分钟风速	$y = 9.84 + 0.61x$	$r = 0.80$	
3	西连岛四次定时—自记10分钟风速	$y = 8.50 + 0.71x$	$r = 0.81$	$y > 17\text{m/s}$
	西连岛三次定时—自记10分钟风速	$y = 9.40 + 0.69x$	$r = 0.77$	$y > 17\text{m/s}$
4	朝连岛—海面风速	$y = 8.7226e^{0.0379x}$	$r = 0.66$	
5	朝连岛—海面风速	$y = 6.16 + 0.72x$	$r = 0.87$	$x \geq 20\text{m/s}$
7	吕泗—海面风速	$y = 4.8541 + 1.1844x$	$r = 0.70$	$x \geq 5, y \geq 10\text{m/s}$

3. 最大风速推算结果

使用极值 I 型分布计算各区最大风速(如表4),可以看出计算结果较好地反映了黄海西部极端风速的分布。从北向南,从近岸向远海,风速值增加,7区达到最大值。

表4 大风极值推算结果(单位:m/s)

重现期 \ 区号	1	2	3	4	5	6	7
10年	20.5	29.5	27.6	32.0	33.0	30.5	35.7
20年	30.9	31.5	28.8	34.4	35.2	32.6	38.3
30年	31.7	32.7	29.6	35.9	36.5	33.8	39.9
50年	32.7	34.3	30.5	37.7	38.1	35.4	41.9
100年	34.1	36.4	31.8	40.3	40.3	37.8	44.5

4. 不同时距最大风速转换关系

前面计算结果为10分钟平均的最大风速,需采用时距间风速关系转换出瞬时极大风速。国内外大量资料分析表明,瞬时极大风速与10分钟平均风速之间存在着明显的线性关系,且两者的比值比较稳定。该比值无论风大风小时均可适用,但以大风时为好,因为瞬时极大风速的离差系数 C_v 随风速增大而减小,两者大致呈指数关系。本文计算了青岛和日照两站不同风向不同风力时两者的比值,青岛风速在20m/s以上时其比值在1.30左右。

朱瑞兆^[5]曾对渤海平台观测进行计算,得出海上瞬时风速与10分钟平均最大风速比值为1.27;日本等其它国家计算得到的比值也均在1.30—1.31之间。故我们认为取1.30—1.31较为适宜。

四、波浪极值的计算方法和结果

海上实测波浪资料较少,难以建立年最大波高序列。本文使用 SOWM 模式产品进行计算。SOWM 模式在60年代初开始研制,1974—1985年在美国舰队数值海洋学中心(FNOC)投入业务使用,它除了提供每天12至72小时北半球海浪要素场实时预报外,同时使用该模式追算1956—1975年北大西洋、1964—1977年北太平洋风和波浪要素。

表5 格点重现期波高计算值(m)

重现期(年) \ 格点号	1	2	5	10	20	25	50	100
18—192	2.72	3.84	4.50	4.94	5.37	5.50	5.91	6.32
7—207	3.60	4.96	5.78	6.32	6.84	7.00	7.51	8.01

黄海西部区范围内有二个 SOWM 格点:18—192(36.4°N,122.7°E)和7—207(33.7°N,123.9°E)(见图1),前者具有22年(1964—1985)每日四次追算波浪资料,后者具有14年

(1964—1977)追算资料,挑取其年最大波高(有效波高)组成年极值序列,使用极值 I 型概率分布计算的结果如表5所示。

在文献[1]、[2]、[3]中,我们曾使用重新绘制的历史天气图,计算青岛及连云港外海约20m等深线上深水波浪要素。计算方法是首先选取1952—1981年黄海大风天气过程,逐一进行每日四次定时天气图分析;使用重新分析的气压场,藉助地转风或梯度风公式,求出计算点的地转风速或梯度风速;进一步使用地转风(或梯度风)与海上实测风速的经验转换关系,算出海面风速;同时确定各天气过程中风速对应的风吹时间(风时)和风吹距离(风区)。

根据每一天气过程的风速、风区、风时,基于波浪成长理论和《规范》^[6]中有关的规定,计算波浪要素,选取计算的1952—1981年各向波浪极值,用极值 I 型概率分布计算不同重现期的波高。青岛外海深水波浪计算结果百年一遇为7米,连云港外海深水波浪计算结果如表6所示。

表6 各方向波高计算结果(单位:m)

方 向 重 现 期 (年)	10	15	30	50	100
NE—NNE	5.6	5.8	6.2	6.5	6.9
E—ENE	4.3	4.5	4.9	5.1	5.5
N—NNE	3.3	3.4	3.7	3.9	4.2

对比二个 SOWM 格点与青岛、连云港外海二个计算点上百年一遇深水波高推算结果,可以看出,18—192点上计算波高6.32米略低于二港外海,7—207点上计算波高8.01m稍高于二港外海。这就说明,虽然二种资料来源不同,但其计算结果非常符合台风由南向北(或由西南向东北)移动过程中风速和波浪逐渐减弱的气候规律。

五、结 语

本文提供了黄海西部开发区不同重现期极端风速和波高产生的气候背景、计算方法和结果,在最大风速序列的建立、概率分布线型的选择、计算结果的分析 and 检验等方面进行了反复的试验。特别是在建立年最大风速序列中分区求算风速转换关系式,综合各种来源资料逐个筛选,力求提高准确性,减少误差,保证了计算结果具有较好的适用性。

由于台风中心最大风速的精度以及 SOWM 模式计算精度限制,本文计算结果仍有待于深水浮标资料的进一步验证。

参 考 文 献

- [1] 王伯民等,确定海浪要素的风要素及台风气压场的计算方法,海洋通报,3,1,1984.
- [2] 阎俊岳等,连云港外海波浪要素计算,《连云港风浪研讨会文集》,1983年8月.
- [3] 阎俊岳、张秀芝,影响连云港的台风和台风波浪,气象,1,1984.
- [4] Pierson, W. J., The Spectral Ocean Wave Model(SOWM), A northern hemisphere computer model for specifying and

forecasting ocean wave spectra, David Taylor Naval Ship Research and Development Center, Report DTNSRDC-82/001, 1982.

- [5] 朱瑞兆, 风压计算的研究, 科学出版社, 1976年。
[6] 交通部, 港口工程技术规范, 海港水文, 人民出版社, 1978年。

ANALYSIS AND CALCULATION OF EXTREME WIND SPEED AND WAVE HEIGHT FOR THE DESIGN OF MARINE ENGINEERING

Yan Junyue Huang Aifen
(National Meteorological Center, SMA)

Abstract

In this paper, the weather and climate conditions are analysed for creating extreme wind speed and wave height over western Huanghai Sea which can be divided into seven subregions. According to different data sets from these subregions, seven correlation formulas are established to calculate annual maximum extreme wind speeds. Extreme wind speeds can be derived for various recurrent periods of each subregion, by means of the Type-I probability distribution of extrema. With the spectral ocean wave model (SOWM) data, the extreme wave heights during the periods can also be derived for the two grid points, which are reasonable compared with the off-shore statistical wave heights.